

Л. А. Осипова, А. В. Жмудь, Л. М. Коваленко
Міжнародний гуманітарний університет, м. Одеса

ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ПРОДУКТІВ ПІД ЧАС ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

У статті досліджено вплив інноваційних методів термічної обробки на якість томатного пюре. Розглянуто три методи: традиційну пастеризацію, інфрачервоне випромінювання та обробку під високим тиском. Оцінено збереження харчової цінності, органолептичних характеристик та мікробіологічної безпеки продукту. Результати показали, що обробка під високим тиском забезпечує максимальне збереження вітаміну С та антиоксидантів, тоді як інфрачервоне випромінювання демонструє високу ефективність при енергозбереженні. Традиційна пастеризація забезпечує мікробіологічну безпеку, але суттєво поступається за якісними показниками. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації виробничих технологій із метою створення продукції високої якості, що відповідає сучасним вимогам споживачів.

Ключові слова: томатне пюре, термічна обробка, пастеризація, інфрачервоне випромінювання, обробка під високим тиском, харчова цінність, органолептичні властивості, мікробіологічна безпека.

Постановка проблеми та її актуальність. В умовах сучасного розвитку харчової промисловості одним із головних завдань є забезпечення високої якості та харчової цінності продуктів. Термічна обробка є обов'язковим етапом багатьох технологічних процесів у харчовій індустрії, адже вона забезпечує мікробіологічну безпеку продуктів і подовжує їх термін зберігання. Однак традиційні методи термічної обробки нерідко призводять до значних втрат харчової цінності, зокрема вітамінів, мікроелементів, білків та інших біоактивних сполук. Це не лише впливає на якість кінцевого продукту, але й зменшує його привабливість для споживачів, які дедалі більше орієнтуються на здорове харчування. Актуальність дослідження інноваційних підходів до термічної обробки продуктів харчування обумовлена необхідністю пошуку технологій, які дозволять мінімізувати втрати біологічно активних речовин і забезпечать високу якість готової продукції. Сучасні технології, такі як низькотемпературна обробка, використання інфрачервоного випромінювання, ультразвукові та мікрохвильові методи, а також обробка під тиском, відкривають нові можливості для збереження корисних властивостей сировини при одночасному забезпеченні її безпечності. Особливе значення тема набуває у контексті глобальних тенденцій сталого розвитку, де ключовим завданням є збереження ресурсів і зменшення харчових втрат. Використання інноваційних технологій обробки дозволяє не лише підвищити якість харчової продукції, але й забезпечити раціональне використання сировини, що є важливим для економіки та екології. Крім того, зростаюча конкуренція на ринку харчових продуктів стимулює виробників впроваджувати новітні технології, щоб задовольнити вимоги споживачів до якісної, безпечної та корисної продукції. Це створює потребу у ґрунтовних наукових дослідженнях, які б дозволили розробити ефективні методи обробки, адаптовані до специфіки різних видів сировини. Таким чином, дослідження

інноваційних підходів до збереження харчової цінності продуктів під час термічної обробки є надзвичайно важливим як з наукової, так і з практичної точки зору, оскільки воно сприятиме розв'язанню завдань, що стоять перед сучасною харчовою промисловістю.

Дослідження щодо удосконалення виробництва томат-продуктів, томатних соусів і кетчупів присвячені роботи таких відомих науковців, як Безусов А.Т., Тоценко О.В., Черевко О.І., Дубініна А.А., Ольховська В.С., Мазуренко І.К., Бендерська О.В., Бессараб О.С. Вашук Т.О., та ін. [1–5]. Наукові дослідження підтверджують, що вибір оптимальних методів термічної обробки та консервування рослинної сировини є ключовим фактором у збереженні її харчової цінності. Впровадження сучасних технологій, таких як інфрачервоне сушіння та низькотемпературне заморожування, сприяє мінімізації втрат біологічно активних речовин і забезпечує високу якість готової продукції.

Мета статті. Обґрунтувати та визначити ефективність інноваційних методів термічної обробки (інфрачервоного випромінювання та обробки під високим тиском) у забезпеченні мікробіологічної безпеки, збереженні харчової цінності та покращенні органолептичних характеристик томатного пюре, виготовленого з різних сортів томатів. Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання: здійснити аналіз існуючих методів термічної обробки томатного пюре, зокрема вивчити їх вплив на збереження мікробіологічної безпеки, харчової цінності та органолептичних властивостей; провести оцінку мікробіологічної стабільності томатного пюре після термічної обробки; дослідити збереження харчової цінності; порівняти вплив методів обробки на органолептичні властивості пюре, оцінити вплив різних методів обробки на зразки пюре, виготовленого з сортів томатів “San Marzano”, “Beefsteak” та “Roma”; розробити оптимальні режими термічної обробки для забезпечення найкращих мікробіологічних, харчових

та органолептичних характеристик продукції. *Предмет дослідження:* інноваційні методи термічної обробки томатного пюре та їх вплив на мікробіологічні показники, харчову цінність і органолептичні властивості. *Об'єкт дослідження:* томатне пюре, виготовлене з сортів томатів “San Marzano”, “Beefsteak” і “Roma”, яке піддається традиційній пастеризації, інфрачервоному випромінюванню та обробці під високим тиском.

Матеріали та методи. У роботі використовували сорт томатів “San Marzano”, який відомий високим вмістом сухих речовин, низькою кислотністю; сорт “Beefsteak”: великий, м'ясистий, із високим вмістом натуральних цукрів; сорт “Roma”: універсальний, з балансом між сухими речовинами та соковитістю. Використовували такі методи обробки: традиційна пастеризація: 80°C, 10 хвилин; інфрачервоне випромінювання: 65°C, 5 хвилин; обробка під високим тиском: 400 МПа, 30°C, 3 хвилини. Оцінювали такі показники: харчова цінність (вміст вітаміну С, антиоксидантна активність), органолептичні властивості (смак, текстура, аромат, колір), показники мікробіологічної стабільності (загальна кількість мікроорганізмів, кількість дріжджів і плісневих грибів). Томатну сировину ретельно промивали, видаляли плодоніжки, нарізали частинами та подрібнювали до стану пюре. Пюре кожного сорту поділили на три рівні частини для обробки різними методами: традиційна пастеризація (пюре обробляли у пастеризаційному апараті за температури 80°C протягом 10 хвилин); інфрачервоне випромінювання (обробка виконувалася за температури 65°C протягом 5 хвилин з використанням інфрачервоної установки, налаштованої на довжину хвилі 2–3 мкм); обробка під високим тиском (тиск 400 МПа та температури 30°C протягом 3 хвилин у лабораторному апараті високого тиску). При оцінці мікробіологічних показників визначали загальну кількість мікроорганізмів (методом посіву серійних розведень зразків на живильне середовище РСА (Plate Count Agar)) та кількість дріжджів і плісняви (посів зразків виконували на агар Сабуро. Підрахунок кількості колонієутворюючих одиниць (КУО) проводили після інкубації за температури 25°C протягом 5 діб. Вміст вітаміну С визначали титриметричним методом із застосуванням розчину 2,6-дихлорфеноліндофенолу (DCPIP). З метою визначення органолептичних показників зразки

оцінювала дегустаційна комісія з 10 експертів за параметрами: смак, аромат, текстура та колір. Визначення змін кольору виконувалося спектрофотометрично. Для кожного показника розраховували середнє значення та стандартне відхилення. Достовірність відмінностей між методами обробки оцінювали за допомогою t-тесту Стьюдента ($p < 0,05$). Дані для кожного методу та сорту аналізували в контексті їхнього впливу на мікробіологічну безпеку, харчову цінність та органолептичні характеристики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати дослідження впливу методів термічної обробки на вміст вітаміну С наведені у таблиці 1. Аналіз отриманих даних дозволяє оцінити ступінь збереження вітаміну С залежно від обраного методу обробки, що є важливим для оптимізації технологічних процесів у харчовій промисловості.

При використанні *традиційної пастеризації* вміст вітаміну С знизився на 40–50% у всіх зразках, що пов'язано з тривалим впливом високої температури. Метод *інфрачервоного випромінювання* дозволив зберегти близько 70–80% початкового вмісту вітаміну С завдяки коротшій тривалості обробки та нижчій температурі. *Обробка під високим тиском* виявилася найефективнішою: у зразках збережено до 95% вітаміну С. Цей метод мінімізує тепловий вплив, що дозволяє максимально зберегти біоактивні речовини. Таким чином, традиційна пастеризація є ефективною з точки зору мікробіологічної безпеки, але призводить до значних втрат вітаміну С, що знижує харчову цінність томатного пюре. *Інфрачервоне випромінювання* є компромісним методом, що дозволяє зберегти більшу частину аскорбінової кислоти при збереженні високої якості. *Обробка під високим тиском* забезпечує максимальне збереження вітаміну С і є найкращим вибором для виробництва продуктів із високою харчовою цінністю. Використання обробки під високим тиском у виробництві томатного пюре дозволить зберегти біоактивні компоненти та задовольнити вимоги споживачів до якості й користі продукції. Інфрачервоне випромінювання може бути застосоване як енергозберігаюча альтернатива для середньоінтенсивних виробництв. Вплив термічної обробки на антиоксидантну активність томатного пюре оцінювався за кількістю еквіваленту галової кислоти на 100 г продукту (таблиця 2).

Таблиця 1 – Вплив методів термічної обробки на вміст вітаміну С (мг/100 г)

Метод обробки	Сорт “San Marzano”	Сорт “Beefsteak”	Сорт “Roma”
Пастеризація	14	12	15
Інфрачервоне випромінювання	22	20	24
Обробка під високим тиском	30	28	32

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 2 – Вплив термічної обробки на антиоксидантну активність (мг екв. галової кислоти/100 г)

Метод обробки	Сорт “San Marzano”	Сорт “Beefsteak”	Сорт “Roma”
Пастеризація	4.5	4.2	4.7
Інфрачервоне випромінювання	6.5	6.0	6.8
Обробка під високим тиском	7.1	6.8	7.5

Джерело: розроблено авторами

Традиційна пастеризація демонструвала найменші значення антиоксидантної активності, що свідчить про суттєві втрати антиоксидантів унаслідок тривалого впливу високої температури. Інфрачервоне випромінювання дозволяло зберегти значно більше антиоксидантних властивостей, оскільки цей метод передбачає меншу температуру та коротший час обробки. Найкращі результати забезпечувала обробка під високим тиском: вона дозволяла зберегти майже всі антиоксиданти, оскільки вплив високого тиску мінімізує окислювальні процеси та втрати біоактивних компонентів. Таким чином, інноваційні методи обробки (інфрачервоне випромінювання та високий тиск) значно перевищують ефективність традиційної пастеризації у збереженні антиоксидантної активності томатного пюре, що робить їх перспективними для впровадження у виробництво високоякісних харчових продуктів. Вплив термічної обробки на мікробіологічні показники показано в таблицях 3, 4.

До обробки у всіх зразках спостерігалася висока кількість мікроорганізмів, характерна для свіжої продукції. Пастеризація знизилася ЗКМ до допустимого рівня, але частина мікроорганізмів залишилася. Інфрачервоне випромінювання знизило ЗКМ ще більше, до рівня $7 \times 10^1 - 1.1 \times 10^2$. Обробка під високим тиском виявилася найефективнішою, практично повністю знищуючи мікроорганізми ($<10^1$ КУО/г).

До обробки кількість дріжджів і плісневих грибів була найвищою у томатах сорту "Beefsteak" (1.2×10^3 КУО/г). Пастеризація значно знизилася кількість дріжджів і плісняви, однак залишилися сліди контамінації, особливо у сорту "Beefsteak". Інфрачервоне випромінювання ефективніше усунуло дріжджі та плісняву, особливо у сорту "Roma", де їх кількість опустилася нижче рівня 10^1 КУО/г. Обробка під

високим тиском забезпечила повне усунення дріжджів і плісняви у всіх зразках ($<10^1$ КУО/г). Таким чином, можливо зробити висновки, що усі методи термічної обробки знизили рівень мікроорганізмів до безпечного рівня, проте найкращий результат спостерігався при обробці під високим тиском. Інфрачервоне випромінювання також показало високу ефективність, хоча в окремих випадках залишалася невелика кількість мікроорганізмів. Пастеризація продемонструвала найменшу ефективність, особливо у випадку з сортом "Beefsteak", через високий початковий рівень контамінації. Для харчової промисловості рекомендовано застосовувати обробку під високим тиском або інфрачервоне випромінювання для виробництва томатного пюре з високими мікробіологічними показниками безпеки. Дослідження органолептичних показників томатного пюре проводилося з метою оцінки впливу різних методів термічної обробки на основні характеристики, такі як смак, аромат, текстура та колір продукту. Для оцінювання було залучено дегустаційну комісію, яка використовувала 10-бальну шкалу.

Традиційна пастеризація продемонструвала найменші показники за всіма органолептичними характеристиками. Дегустатори зазначали, що смак стає менш насиченим через втрату природних цукрів і кислот, аромат був слабким і мав «переварений» відтінок. Колір томатного пюре набував темнішого відтінку, що свідчить про зміну пігментів під впливом тривалого нагрівання. Текстура продукту також була менш однорідною, із частковою втратою густоти. Інфрачервоне випромінювання показало кращі результати порівняно з традиційною пастеризацією. Смак зберігався більш яскравим, близьким до свіжих томатів, аромат залишався вираженим, без «переварених» ноток. Колір залишався насиченим і

Таблиця 3 – Зміна загальна кількість мікроорганізмів після термічної обробки (ЗКМ, КУО/г)

Метод обробки	Сорт "San Marzano"	Сорт "Beefsteak"	Сорт "Roma"
До обробки	3.5×10^4	4.2×10^4	3.9×10^4
Пастеризація	1×10^2	1.2×10^2	8×10^1
Інфрачервоне випромінювання	9×10^1	1.1×10^2	7×10^1
Обробка під високим тиском	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 4 – Кількість дріжджів і плісневих грибів (КУО/г)

Метод обробки	Сорт "San Marzano"	Сорт "Beefsteak"	Сорт "Roma"
До обробки	8×10^2	1.2×10^3	9×10^2
Пастеризація	3×10^2	4×10^1	2×10^1
Інфрачервоне випромінювання	1×10^1	2×10^1	$<10^1$
Обробка під високим тиском	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 5 – Органолептична оцінка (за 10-бальною шкалою)

Метод обробки	Сорт "San Marzano"	Сорт "Beefsteak"	Сорт "Roma"
Пастеризація	6.5	7.0	7.2
Інфрачервоне випромінювання	8.5	8.7	8.8
Обробка під високим тиском	9.2	9.4	9.5

Джерело: розроблено авторами

природним, завдяки збереженню природних пігментів, таких як лікопен. Текстура пюре була гладкою та приємною, що особливо відзначалося дегустаторами. *Обробка під високим тиском (HPP)* отримала найвищі оцінки за всіма органолептичними показниками. Смак томатного пюре був максимально наближеним до свіжого продукту, збережено природну солодкість і кислотність. Аромат характеризувався свіжістю та насиченістю, без жодних сторонніх відтінків. Колір залишався яскравим, червоним, що підкреслювало якість продукту. Текстура була однорідною, гладкою та густою, що відповідало очікуванням споживачів. Загальні результати дослідження свідчать про те, що інноваційні методи термічної обробки, зокрема обробка під високим тиском, дозволяють максимально зберегти органолептичні властивості продукту. Інфрачервоне випромінювання також демонструє хороші результати і може бути ефективною альтернативою. Традиційна пастеризація значно поступається цим методам, що робить її менш привабливою для виробництва продуктів преміум-якості. Ці дані можуть бути використані для оптимізації технологічних процесів і створення високоякісного томатного пюре, яке відповідає сучасним споживчим очікуванням. Таким чином, можна зробити наступні висновки. Обробка під високим тиском забезпечила найкращі результати за всіма показниками: збереження вітаміну С, антиоксидантної активності, мікробіологічної безпеки та органолептичних властивостей. *Інфрачервоне випромінювання* також показало хороші результати, особливо для сортів “Roma” та “San Marzano”,

які мають високий вміст сухих речовин. *Традиційна пастеризація* призвела до значних втрат вітаміну С та антиоксидантів, проте забезпечила задовільну мікробіологічну безпеку. Рекомендовано впроваджувати інноваційні методи обробки для виробництва томатного пюре, орієнтованого на споживачів, які цінують якість, смак та харчову цінність.

Оцінка ризиків є ключовим етапом для забезпечення стабільності та ефективності виробничого процесу. Основні ризики, пов’язані з виробництвом томатного пюре, наведені нижче.

Для мінімізації ризиків рекомендовано впровадити комплексну систему управління ризиками, яка включає регулярний моніторинг сировини, технічний контроль, навчання персоналу та підтримку належної інфраструктури. Це забезпечить стабільну роботу виробництва та високу якість продукції.

Висновки. Обробка під високим тиском забезпечує максимальне збереження біологічно активних речовин, таких як вітамін С (до 95%) і антиоксиданти (до 98%). Інфрачервоне випромінювання також демонструє високі показники (до 80%), значно перевершуючи традиційну пастеризацію. Інноваційні технології сприяють збереженню смаку, текстури, аромату та кольору продукту, що підвищує його привабливість для споживачів. Обробка під високим тиском показала найкращі результати, забезпечуючи натуральність і свіжість продукту. Усі методи забезпечують відповідність нормативним вимогам, однак обробка під високим тиском є найбільш ефективною, повністю знищуючи патогенні мікроорганізми. Таким чином можливо сформулювати рекомендації. Для виробництва високоякісного

Таблиця 6 – Ризики, пов’язані з виробництвом томатного пюре

№	Ризики	Можливі наслідки	Мітингуєчі заходи
1	Ризики, пов’язані з сировиною	Низька якість томатів через погодні умови, сезонність або неправильне транспортування.	<ul style="list-style-type: none"> – Погіршення якості готового продукту. – Підвищення витрат на сортування та обробку.
2.1	Виробничі ризики	Відмова обладнання (гомогенізаторів, апаратів термічної обробки).	<ul style="list-style-type: none"> – Планове технічне обслуговування обладнання. – Наявність резервних апаратів або договорів на ремонт.
2.2		Невідповідність температурних режимів під час обробки.	<ul style="list-style-type: none"> – Встановлення систем автоматичного контролю температури. – Навчання персоналу.
3.1	Ризики у логістиці та пакуванні	Порушення герметичності упаковки.	<ul style="list-style-type: none"> – Використання сучасного асептичного пакувального обладнання. – Контроль якості упаковки.
3.2		Затримки в доставці готового продукту через логістичні проблеми.	<ul style="list-style-type: none"> – Розробка резервних маршрутів доставки. – Укладання угод із кількома транспортними компаніями.
4	Економічні ризики	Зростання вартості сировини чи енергоносіїв.	<ul style="list-style-type: none"> – Закупівля сировини на умовах довгострокових контрактів. – Використання енергозберігаючих технологій.
5	Ризики, пов’язані з персоналом	Низька кваліфікація працівників.	<ul style="list-style-type: none"> – Регулярне навчання та сертифікація персоналу. – Мотиваційні програми для співробітників.
6	Регуляторні ризики	Невідповідність продукції нормативним вимогам.	<ul style="list-style-type: none"> – Постійний моніторинг нормативних актів. – Впровадження системи HACCP.

Джерело: розроблено авторами

томатного пюре рекомендовано впроваджувати технології обробки під високим тиском, які поєднують високу ефективність і екологічність. Інфрачервоне випромінювання може бути використане як більш економічна альтернатива, особливо для середніх виробництв. Традиційна пастеризація може використовуватись у разі обмежених ресурсів, однак її ефективність у збереженні якості та харчової цінності є нижчою.

Результати цього дослідження сприяють розвитку сучасних підходів до виробництва харчової продукції з урахуванням якості, екологічності та економічності. Впровадження інноваційних технологій термічної обробки дозволить задовольнити потреби сучасних споживачів, орієнтованих на якісні та безпечні продукти, і забезпечить конкурентоспроможність виробництва на глобальному ринку.

Список використаних джерел:

1. Безусов А.Т., Тоценко О.. Аналіз сучасних методів переробки томатів. *Харчова наука і технологія*. 2017. Т. 11. Вип. 2. С. 45–55.
2. Дубініна А.А., Шапорова Т.М., Ольховська В.С. Проектування томатопродуктів з заданим комплексом показників харчової цінності. *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробки і харчових виробництв*: зб. наук. пр. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. 2005. Вип. 38. С. 128–134.
3. Мазуренко І.К. Удосконалення технології виробництва концентрованих томатопродуктів: дис. канд. техн. наук: 05.18.13. Одеська національна академія харчових технологій. Одеса, 2006.
4. Бендерська О.В., Бессараб О.С., Грегірчак Н.М., Шикирава А.В. Аналіз мікробіологічної контамінації пряно-ароматичної сировини, що використовується в технологіях томатних соусів. *Збірник наукових праць «Продовольчі ресурси»*. 2018. № 10.
5. Бендерська О.В., Бессараб О.С. Деякі аспекти використання вторинної томатної сировини в технологіях харчових продуктів. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2018. Том 29 (68). № 3. Ч. 2. С. 137–143.

References:

1. Bezusov A. T., & Totsenko O. V. (2017). Analiz suchasnykh metodiv pererobky tomativ [Analysis of modern methods of tomato processing]. *Kharchova nauka i tekhnolohiya*, no. 11(2), pp. 45–55.
2. Dubinina A. A., Shaporova T. M., & Olkhovska V. S. (2005). Proektuvannia tomatoproductiv z zadanyim kompleksom pokaznykiv kharchovoi tsinnosti [Designing tomato products with a set of nutritional value indicators]. *Suchasni napriamky tekhnolohii ta mekhanizatsii protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv: zb. nauk. pr.; Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P. Vasylenka*, no. (38), pp. 128–134.
3. Mazurenko I. K. (2006). Udoskonalennia tekhnolohii vyrobnytstva kontsentrovanykh tomatoproductiv [Improvement of technology for the production of concentrated tomato products] (Candidate's thesis). Odesa National Academy of Food Technologies, Odesa.
4. Benderska O. V., Bessarab O. S., Grehirchak N. M., & Shykyrava A. V. (2018). Analiz mikrobiolohichnoi kontaminatsii pryano-aromatychnoi syrovyny, shcho vykorystovuietsia v tekhnolohiiakh tomatnykh sousiv [Analysis of microbiological contamination of spice-aromatic raw materials used in tomato sauce technologies]. *Zbirnyk naukovykh prats "Prodovolchi resursy"*, no. (10).
5. Benderska O. V., & Bessarab O. S. (2018). Deiaki aspekty vykorystannia vtorynnoi tomatnoi syrovyny v tekhnolohiiakh kharchovykh produktiv [Some aspects of the use of secondary tomato raw materials in food technology]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky*, vol. 29(68), no. 3(2), pp. 137–143.

Larysa Osypova, Alona Zhmud, Liliia Kovalenko

International Humanitarian University, Odesa

USE OF INNOVATIVE APPROACHES TO PRESERVE THE NUTRITIONAL VALUE OF PRODUCTS DURING HEAT TREATMENT

The article explores the impact of innovative thermal processing methods on the quality of tomato puree. Three methods were analyzed: traditional pasteurization, infrared irradiation, and high-pressure processing. The study evaluated the preservation of nutritional value, organoleptic properties, and microbiological safety of the product. The research involved three tomato varieties: "San Marzano", "Beefsteak" and "Roma" known for their unique physicochemical properties. Traditional pasteurization resulted in significant losses of vitamin C and antioxidants due to prolonged exposure to high temperatures, while ensuring microbiological safety. Infrared irradiation demonstrated higher efficiency in preserving biologically active compounds, retaining up to 80% of initial vitamin C levels, thanks to shorter processing times and lower temperatures. High-pressure processing emerged as the most effective method, preserving up to 95% of vitamin C and 98% of antioxidants. This approach minimized thermal impact, ensuring maximum retention of bioactive components and significantly enhancing the product's taste, texture, and color. Infrared irradiation also achieved notable results in maintaining organoleptic characteristics, making it a viable alternative for medium-scale production. Traditional

pasteurization, although effective in achieving microbiological safety, was less favorable for preserving nutritional and sensory qualities. The findings of this study provide a foundation for optimizing production technologies for tomato puree to meet contemporary consumer demands for quality and safety. These results can also inform the development of advanced processing methods to enhance the nutritional and sensory attributes of vegetable-based products. The research underscores the importance of adopting innovative processing methods in the food industry to maintain the highest standards of product quality and cater to modern market requirements.

Keywords: *tomato puree, thermal processing, pasteurization, infrared irradiation, high-pressure processing, nutritional value, organoleptic properties, microbiological safety, economic efficiency, environmental impact.*

Статтю подано до редакції 10.01.2025